

09 / 555425 PCT/EP 98 / 07689

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EP98/07689

REC'D	11 FEB 1999
WIPO	PCT

Bescheinigung

U

Die Océ Printing Systems GmbH in Poing/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Umsetzung digitaler Daten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten einer zweiten Auflösung"

am 28. November 1997 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 06 T und G 06 K der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 13. Januar 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Nietiedt

Aktenzeichen: 197 52 927.5

BEST AVAILABLE COPY

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

MZB-01-98

97 1001

28.11.97

5 Verfahren zur Umsetzung digitaler Daten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten einer zweiten Auflösung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten einer zweiten Auflösung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei der digitalen Datenverarbeitung ist es häufig erforderlich, digitale Bilddaten, die im Raster einer ersten Auflösung vorliegen, in Zieldaten einer zweiten Auflösung umzusetzen. Jeder Bildpunkt, d.h., ein dem digitalen Wert zugeordneter Punkt im Raster wird dabei als Pixel bezeichnet. Ohne Graustufen entspricht ein Pixel also einem Bit. Die Auflösung wird dabei in Bildpunkten pro Inch (dots per inch, dpi) angegeben. Ein Inch entspricht bekanntlich 25,6 mm.

Beispielsweise kommt es in der digitalen Drucktechnik häufig vor, daß Bilddaten von einem Computer in einem ersten Raster, beispielsweise in einem 240 dpi (dots per inch)-Raster geliefert werden, aber von einem Drucker in einem anderen Raster, beispielsweise in einem 600 dpi-Raster, wiedergegeben werden sollen. Insbesondere beim Erweitern einer bestehenden EDV-Anlage um einen modernen Drucker kommt es vor, daß früher erstellte Druckaufträge beispielsweise nur Vorlagen in 240 dpi-Auflösung aufweisen. Will der Anwender die Vorteile seines neuen Druckers mit beispielsweise 600 dpi Auflösung nutzen, so müssen die Druckdaten entsprechend umgesetzt werden. Die Umsetzung soll dabei automatisch erfolgen ohne vom Anwender Eingaben abzuverlangen.

Da sich halbe Pixel in Wiedergabe-Einheiten mit diskreten Darstellungsstufen wie LCD-Bildschirmen oder digitalen Druckern nicht darstellen lassen, müssen zur Umsetzungen um nicht ganzzahlige Faktoren der Auflösung spezielle Regeln aufgestellt werden.

Die Umsetzung kann nun derart erfolgen, daß jeder Wert des ersten Rasters um einen Skalierungsfaktor SF, der durch das Verhältnis der beiden Auflösungswerte der Raster vorgegeben ist, vervielfacht wird, daß also beispielsweise aus einem Wert im ersten Raster die SF-fache Menge gleicher Werte im zweiten Raster erzeugt wird, wobei gilt:

$$SF_i = \frac{\text{Auflösung des 2. Rasters in Richtung } i}{\text{Auflösung des 1. Rasters in Richtung } i} \quad (\text{Gleichung 1}).$$

15

Durch einen derartigen Skaliervorgang werden die Daten zwar in das Zielraster transformiert, jedoch wird die Wiedergabequalität hierdurch nicht verbessert.

20 Andererseits ermöglicht die Umsetzung von Daten in ein Raster mit höherer Auflösung gerade die Verbesserung der Wiedergabequalität indem beispielsweise Konturen feiner gezeichnet werden. Für eine derartige Umsetzung ist es in der Regel erforderlich, die Daten zu glätten. Bei bekannten Glättverfahren gehen Glättparameter in der Regel in Form einer Matrix bzw. eines Fenster in den Glättvorgang ein, wobei die Gewichtung benachbarter Bildpunkte eines zu glättenden Punktes durch die Werte der Matrix vorgegeben sind. Solche Fenster sind bei $SF_x = SF_y$ 3 x 3-Fenster oder 5 x 5-Fenster.

30

Ein Verfahren zum Skalieren und Glätten von Bilddaten ist aus der DE 195 06 792 A1 bekannt. Bei diesem Verfahren sind mehrere Sätze von Pixelmustern bzw. ihnen zugeordnete boolsche Rechenoperationen vorgesehen, anhand derer die Umsetzung er-

M 0 0 1 9 8

folgt. Zur Umsetzung wird eine Matrix von Quell-Bilddaten mit beispielsweise 7×7 Bildpunkten den Basis-Rechenoperationen unterworfen und daraus die Ziel-Bilddaten gewonnen. Bei einem „Hochskalieren“ der Bilddaten ($SF > 1$) werden einem Quellpixel jeweils mehrere (z.B. vier) Zielpixel zugeordnet. Die Rechenoperationen sind so gestaltet, daß bei der Umsetzung im Mittel gleich viele hochaufgelöste Pixel entfernt wie hinzugefügt werden. Hierdurch wird erreicht, daß der Schwärzungsgrad eines Gesamtbildes im wesentlichen erhalten bleibt.

10

Ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster, das für nicht ganzzahlige Skalierungsfaktoren geeignet ist, ist auch in der deutschen Patentanmeldung 197 13 079.8 beschrieben. Dieses Verfahren arbeitet bereichsorientiert. Dabei ist jedem Quellbereich ein Zielbereich zugeordnet ist, wobei die beiden Bereiche im Gesamtbild die selbe Position haben. Innerhalb des Zielbereichs werden boolsche Rechenregeln vorgegeben, nach denen die Umsetzung erfolgt.

20

Eine weitere Verfahrensweise zum Skalieren und Glätten von Bilddaten ist aus der EP 506 379 B1 sowie aus der US 5,270,836 bekannt. Bei dieser Verfahrensweise sind zwei Schritte zum Skalieren und Glätten vorgesehen. Wie in Figur 1 schematisch dargestellt ist, wird bei dieser Verfahrensweise ein Quellbild 1, das in einem Quellraster vorliegt, im ersten Schritt 2 skaliert, wodurch ein Zwischenbild 3 im Zielraster entsteht. Auf Basis dieses Zwischenbildes wird im zweiten Schritt 4 die Glättung im Zielraster durchgeführt, wodurch das Zielbild 5 entsteht.

Nachteilig bei der oben beschriebenen Verfahrensweise ist, daß zum Glätten jeweils eine Vielzahl von Daten im Zielraster berücksichtigt werden muß. Wegen der dabei erforderlichen, relativ großen Zahl an Speicherzugriffen und Rechenoperatio-

M 2001 1-00

nen ist der damit verbundene Aufwand relativ hoch und eignet sich deshalb kaum für Anwendungen wie Hochleistungsdrucksystemen, bei denen es auf die Schnelligkeit der Umsetzung ankommt. Eine Realisierung des Verfahrens auf Basis von Software erscheint damit ebenfalls kaum möglich.

5

Auch im Bereich der Telefaxübertragung kann eine Skalierung und Glättung von Übertragungsdaten nötig sein, wenn die Daten beispielsweise in einer ersten Auflösung empfangen, aber in einer anderen Auflösung gespeichert, weitergeleitet oder ausgedruckt werden sollen. Ein entsprechendes Verfahren für diese Anwendung ist beispielsweise in der US 5,394,485 A beschrieben.

10

15 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster anzugeben, das zu einer hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit führt und das sowohl eine Skalierung als auch eine Glättung der Bilddaten durchführt.

20

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

25

Erfindungsgemäß wird die Glättung der Daten bereits im Raster der Quelldaten durchgeführt und nicht erst im Zielraster. Hierdurch ist eine wesentlich schnellere Datenverarbeitung bei zweidimensionalen Bilddaten möglich als bei Verfahren, die die Glättung erst im Zielraster durchführen, weil die Datenmenge, auf die die Glättungsfunktion angewandt wird, wesentlich geringer ist. Für den Fall gleicher Skalierungsfaktoren in x- und in y-Richtung ($SF = SF_x = SF_y$) ist diese Verarbeitungsgeschwindigkeit annähernd um das Quadrat des Skalierungsfaktors SF geringer.

30

19200100

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß mit einer Glättung im Quellraster das selbe Ergebnis erreichbar ist wie mit einer Glättung, die auf die wesentlich größere Zahl der Daten im Zielraster angewandt wird, weil die zu glättenden

5 Strukturen bereits aus dem Quell-Image zu bestimmen sind. Das Skalieren eines Bildes um einen Faktor größer als eins erhöht zwar die Anzahl der zu glättenden Pixel, der Informationsgehalt der dem Bild zugrunde liegenden Bitmap bleibt allerdings unverändert. Versuche ergaben, daß eine Glättung mit Regeln, 10 die im Zielraster aufgestellt werden, keine anderen Ergebnisse erbringt als wenn entsprechende Regeln zur Glättung bereits auf der Basis der Daten im Quellraster aufgestellt werden.

15 Ferner wurde erkannt, daß die zum Glätten notwendige Zeit in erster Näherung (d.h., ohne Betrachtung der Bildränder) direkt proportional zur Größe des Bildes ist und die Abarbeitung der Daten im Quellraster deshalb schneller erfolgen kann als die Abarbeitung der Daten im Zielraster.

20

Ausgehend vom bekannten Stand der Technik wurde insbesondere erkannt, daß ein allgemeines Glättungsverfahren im Zielbereich von der Existenz aller Pixel-Kombinationen ausgeht. Da die Pixel aber hochskaliert wurden, existiert nur eine beschränkte Anzahl von Variationsmöglichkeiten. Der Informationsgehalt der Pixel wird durch das Hochskalieren nicht erhöht. Durch das erfindungsgemäße Glätten der Bilddaten im Quellraster kann der Zeitbedarf für das Verarbeiten der Daten gegenüber Verfahren, die im Zielraster glätten, um das Quadrat des Skalierfaktors verringert werden.

Ein Glätten mit den Daten des Quellbildes als Grundlage ermöglicht auch eine kleinere Größe der Erkennungsmatrix. Bei

Skalierfaktor 2 erreicht eine Erkennungsmatrix von 3×3 im Quell - Bereich beispielsweise die gleiche Qualität wie eine 5×5 - Erkennungsmatrix, die im Zielbereich angewandt wird. Dies hat zur Folge, daß im Quellbereich nur $3 \times 3 = 9$ Pixel 5 zur Erkennung berücksichtigt werden müssen anstatt $5 \times 5 = 25$ Pixel im Zielbereich. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens bei direkter logischer Auswertung (in Hard - oder Software) wird also in zweifacher Hin- sicht erhöht: zum einen sind im Quellraster weniger Daten als 10 im Zielraster auszuwerten, zum anderen kann im Quellraster die Größe des Glättungsfensters verringert werden. Die Verar- beitungsgeschwindigkeit ist dann bis zu einem Faktor von 15 $25/9 \times SF_x \times SF_y$ höher als bei konventionellen Verfahren. Der logische Aufwand, beispielsweise für Gatterfunktionen sinkt um diesen Faktor. Bei einer Realisierung mittels look-up- Tabellen - die bei Softwarelösungen häufig zur Performance - Steigerung benutzt werden, weil dadurch die bitweise logische Auswertung eingespart und das Ergebnis direkt aus der Tabelle erhalten wird - ist für eine 3×3 -Matrix eine Tabelle mit 20 512 Einträgen nötig. Bei einer 5×5 -Matrix muß diese Tabel- le dagegen 33554432 Einträge (32 MB) groß sein. Eine Tabelle dieser Größe ist in der Praxis nicht mehr akzeptabel.

Die Erfindung ermöglicht es ferner, sowohl die Funktion des 25 Glättens als auch die des Skalierens in einem einzigen Schritt durchzuführen, indem das gesamte Verfahren im Raster der Quelldaten durchgeführt wird. Das Verfahren kann dabei unabhängig von der Größe des jeweiligen Skalierfaktors durch- geführt werden. Der Skalierfaktor kann sowohl ganzzahlig als 30 auch gebrochen sein.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt die Verarbei- tung der Daten byte-orientiert, wobei jeweils mehrere Bild- punkte, denen nur eine binäre Information zugeordnet ist,

gleichzeitig in einem Byte verarbeitet werden. Eine derartige Verarbeitung wirkt sich positiv auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit aus, weil digitale elektronische Komponenten, insbesondere im Bereich der Informationsverarbeitung, die Daten intern ebenfalls byteweise verarbeite und weil dieses das Byte-Format ein allgemein übliches Speicherformat ist.

Die Daten werden dabei in einem Register mit jedem Verarbeitungstakt um eine bestimmte, von der Höhe des Glättungsfensters abhängigen Anzahl von Positionen verschoben (geshifft); nach Speicherung einer entsprechenden Anzahl von Bytes (beispielsweise 3 Byte für eine Verarbeitung von 3 Zeilen mit je 8 Pixeln, auf die jeweils ein 3 x 3-Glättungsfenster wirken soll) stellen benachbarte Daten einen Index dar. Dieser Index kann direkt zur Adressierung einer entsprechenden Glättungsmatrix (z.B. 3 x 3) verwendet werden, wobei die Adressierung entweder als Eingangssignal einer Hardwareschaltung oder innerhalb einer Computer-Software direkt auf eine Look-Up-Tabelle wirkt. Die zweidimensionale Aufgabenstellung, Bilddaten zu verarbeiten, wird dabei in eine eindimensionale Aufgabenstellung umgewandelt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Schieberegister mit jeweils n Bytes pro Verarbeitungstakt nach folgenden Regeln befüllt:

$$\begin{aligned} R_0 \text{ bis } R_{(A-1)} &\text{ bleiben unberührt (Regel 1) und} \\ R_{(i+A)} &= q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y)) \text{ (Regel 2),} \end{aligned}$$

wobei gilt:

- R_i: Wert des i-ten Registerbits
- Q_x: Fensterbreite in x-Richtung
- Q_y: Fensterbreite in y-Richtung
- q(k,l): Wert des Quellpixels mit der Position (k,l)
- /: Integer-Division

M 28.01.93

%: Modulo-Division und

$A = Q_y * (Q_x - 1)$. Das Schieberegister hat dabei eine Breite von $Q_y \times (8n-1 + Q_x)$.

5 Es hat sich gezeigt, daß das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere bei einer Realisierung in Form eines Software-Programms auf einem Computer deutlich schneller abläuft als vergleichbare Verfahren, die zunächst eine Skalierung durchführen, das Ergebnis in einem Zwischenspeicher ablegen und
10 erst dann die Glättung an den zwischengespeicherten Daten, d.h. im Zielraster durchführen. Vorteilhaft bei einer Umsetzung mittels Software ist, daß die Umschaltung sehr bedarfsgerecht innerhalb eines Druckjobs erfolgen kann – ist eine Umsetzung erforderlich, erfolgt diese mit den entsprechenden
15 Modulen des Umsetzungsprogramms. Wenn keine Umsetzung erforderlich ist, dann werden die Daten weitergegeben, ohne von dem Umsetzungsprogramm bearbeitet zu werden. Die Flexibilität kann dabei soweit gesteigert sein, daß sogar innerhalb eines auszudruckenden Dokuments, d.h. innerhalb einer Seite, verschiedene Auflösungen verarbeitet werden. Während beispielsweise Text in einer Auflösung von 300 dpi durchaus gut zur Geltung kommt, ist es bei der Wiedergabe von Bildern in der Regel zweckmäßig, eine Auflösung 600 dpi oder höher zu wählen.

20

25

Bei der Glättung kann es erforderlich sein, zwischen Bildinformation und Textinformation zu unterscheiden und jeweils unterschiedliche bzw. keine Glättung vorzunehmen, beispielsweise um Moiré-Effekte zu vermeiden. Wird die Erfindung in
30 einer Software angewandt, so kann der Vorteil erreicht werden, daß kein Aufwand zur Unterscheidung zwischen Texten und Bildern innerhalb eines Druckauftrages erforderlich ist. Diese Information ist vielfach bereits im Druckauftrag in Form unterschiedlicher Objektkennzeichen enthalten und kann zur
35 Einstellung der Glättungsregeln verwendet werden.

Das Skalieren und Glätten kann in einem gemeinsamen Schritt mit einer Look-up-Tabelle erfolgen, die Daten für beide Vorgänge enthält. Vorzugsweise werden die Quelldaten dabei direkt zur Adressierung der Look-up-Tabelle verwendet.

Weitere Vorteile und Wirkungen der Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung deutlich, die durch Figuren ergänzt ist.

10

Es zeigen

Fig. 1 eine Vorgehensweise nach dem Stand der Technik

Fig. 2 ein mathematisches Modell, das der Erfindung zugrunde liegt

15 **Fig. 3** verschiedene Kombinationsmöglichkeiten bei einer Bilddaten-Umsetzung von 2×2 Quellpixeln

Fig. 4 ein Beispiel für eine Bilddaten-Umsetzung

Fig. 5 ein weiteres Beispiel für eine Bilddaten-Umsetzung

20 **Fig. 6** verschiedene Darstellungen einer schrägen Linie in einem Bildraster

Fig. 7 ein Glättungsfenster in einem Bildraster

Fig. 8 einen Skalievorgang um einen Skalierfaktor 2

Fig. 9 einen Glättvorgang mit einer 5×5 -Matrix

Fig. 10 eine Skalierung um den Faktor 2,5

25 **Fig. 11** eine einem Glättvorgang zugrundeliegende Skizze

Fig. 12 verschiedene Fenster, auf denen eine Glättung beruht

Fig. 13 das Schema eines Glättungsergebnisses

Fig. 14 eine Veranschaulichung zur Überlagerung von Daten

30 **Fig. 15** das Bearbeiten von Bilddaten mit einem Glättungsfenster

Fig. 16 Die Ablage zweidimensionaler Bilddaten in ein eindimensionales Register

Fig. 17 die Umsetzung einer Quellzeile in Bits des Registers

M 28.01.96

Fig. 18 einen Datenverarbeitungsprozess, bei dem skalierte und geglättete Zielbilddaten direkt aus den Quellbilddaten gewonnen werden

Fig. 19 eine Umsetzung digitaler Bilddaten in Indexbits

5 **Fig. 20** eine Hardware-Anordnung zum Umsetzen digitaler Bilddaten und

Fig. 21 ein Software-Konzept zum Umsetzen digitaler Bilddaten.

10 Anhand der Figur 2 erfolgt zunächst eine grundsätzliche Untersuchung und eine mathematische Modellierung der Skalierung. Den Betrachtungen für die Skalierung liegt das in Figur 2a dargestellte, diskrete i-j-Koordinatensystem 6 zugrunde, wobei i den Pixel-Index in x-Richtung und j den Pixel-Index
15 in y-Richtung bezeichnet.

Figur 2b zeigt beispielhaft eine Skalierung um einen Skalierfaktor 2 wie er bei einer Umsetzung von einem 300 dpi-Quellraster auf ein 600 dpi-Zielraster vorkommt. Dabei wird
20 jedes Quellpixel 7 zweidimensional behandelt, d.h. in jede der Richtungen x und y verdoppelt. Die Rasterabstände sind im Quellraster doppelt so groß wie im Zielraster. Aus einem Pixel 7 im Quellbereich werden vier Pixel 8 im Zielbereich. Wie in Figur 2c gezeigt ist, kann der Skalierfaktor auch unterschiedlich in den x- und y-Richtungen sein, beispielsweise
25 den Wert 2 in x-Richtung und den Wert 3 in y-Richtung haben.

Nicht ganzzahliger Skalierfaktor

30 Soll ein nicht ganzzahliger Skalierfaktor zugrunde gelegt werden, beispielsweise der Skalierfaktor 2,5 entsprechend einer Umsetzung von einem 240-dpi-Quellraster auf ein 600 dpi-Zielraster, so wird analog wie bei ganzzahligen Skalierfakto-

ren vorgegangen. In Figur 2d ist diese Vorgehensweise schematisch dargestellt. Aus einem Pixel 7 im Quellbereich werden theoretisch $2,5 \times 2,5$ Pixel 8 im Zielbereich.

5 Da sich halbe Pixel digital nicht darstellen lassen, wird als Ausgangsbasis für den Skalierungsvorgang nicht ein einzelnes Pixel sondern eine Gruppe von Pixeln benutzt, wobei eine Lösung zu folgender Aufgabe gefunden werden muß:

Gesucht wird die kleinste ganze Zahl an Quellpixeln für jede Koordinaten-Richtung, die bei der Skalierung zu einer ganzen Zahl an Zielpixeln in der selben Richtung führt.

10

15 Für eine Umsetzung von 240 dpi auf 600 dpi ist diese Bedingung beispielsweise mit 2 Quellpixeln und 5 Zielpixeln erfüllt. Geht man von einem 2×2 -Pixel-Quadrat im Quellbereich aus, so erhält man bei Skalierfaktor 2,5 ein 5×5 -Pixel-Quadrat im Zielbereich.

20 Aus den 2×2 Pixeln im Quellbereich ergeben sich 16 Kombinationen, die auf den Zielbereich abgebildet werden müssen. Diese 16 Kombinationen möglicher Quellquadrate 9 im Quellbereich sind in Figur 3 dargestellt, wobei schwarze Pixel für die binäre Information „1“ stehen. Rechts neben den 2×2 -Pixel-Quadranten der Quelldaten sind jeweils drei mögliche Zielquadrate 10 in der 5×5 -Zielmatrix angegeben, auf die diese Quelldaten abgebildet werden können.

25

30 Ein Beispiel für eine Umsetzung mit einem nicht ganzzahligen Skalierfaktor wird weiter unten (Figuren 10 bis 13) angegeben.

M 01.98

Mathematisches Modell für das Skalierverfahren

Bei ganzzahligen Skalierfaktoren wird in einem ersten Skalierverfahren nach folgender Formel vorgegangen:

$$5 \quad sc_{(i,j)} = q_{\left(\frac{i}{sx}, \frac{j}{sy}\right)} \quad (\text{Gleichung 2}),$$

mit:

$sc_{(i,j)}$ Wert des zu berechnenden Zielpixels (0 oder 1)

i, j Koordinaten im Ziel- oder im Quellraster

$q_{(a,b)}$ Wert des entsprechenden Quellpixels

sx Skalierfaktor in x-Richtung

sy Skalierfaktor in y-Richtung.

Ein Quellpixel wird auf ein Rechteck mit $sx * sy$ Zielpixel abgebildet, d.h. mehrere Zielpixel werden von einem Quellpixel abgeleitet.

15 Die Zielpixel erhalten den gleichen Wert (0/1) wie das Quellpixel. Bei nicht ganzzahligen Skalierfaktoren gehen die Skalierfaktoren als Bruch in Gleichung 2 ein:

$$sc_{(i,j)} = q_{\left(i*\frac{sx_N}{sx_z}, j*\frac{sy_N}{sy_z}\right)} \quad (\text{Gleichung 3})$$

mit

sx_N Nenner des Skalierfaktors in x-Richtung

sx_z Zähler des Skalierfaktors in x-Richtung

25 sy_N Nenner des Skalierfaktors in y-Richtung

sy_z Zähler des Skalierfaktors in y-Richtung

In Figur 4 ist ein entsprechendes Beispiel mit $s_x = 1.5 = 3/2$ und $s_y = 2.5 = 5/2$ gezeigt, wobei vier Quellpixel 7 in 15 Zielpixel 8 umgesetzt werden.

5 Skalieren mit nicht ganzzahligen Skalierfaktoren nach Gleichung 3 ergibt unsymmetrische Ergebnisse. Wie bei ganzzahligen Skalierfaktoren wird jedes Zielpixel aus einem Quellpixel abgeleitet. Die Anzahl der Zielpixel, die aus einem bestimmten Quellpixel abgeleitet wird, hängt dabei aber vom Ort der Zielpixel ab und ist nicht immer gleich, daher entsteht eine
 10 Unsymmetrie.

Eine Verbesserung gegenüber dem ersten Skalierverfahren erhält man, wenn ein Rechteck aus $s_{xN} * s_{yN}$ Quellpixeln zu einem Block 7' zusammengefasst wird, der sich im Zielbereich ohne Teilpixel darstellen lässt. Solche Rechtecke werden
 15 blockweise in entsprechende Zielblöcke 8' mit $s_{xZ} * s_{yZ}$ Zielpixeln skaliert, indem jedes Zielpixel über eine logische Gleichung von den Quellpixeln aus dem Quellblock abgeleitet wird. Jedes Zielpixel kann dann von mehreren bzw. von einem
 20 bis zu von allen Quellpixeln abhängig sein. Die zu Figur 4 beschriebene Umsetzung könnte dann so aussehen wie in Figur 5 dargestellt.

25 Dabei werden folgende logische Gleichungen angewandt:

$$sc(0,0) = sc(0,1) = q(0,0)$$

$$sc(0,3) = sc(0,4) = q(0,1)$$

$$sc(2,0) = sc(2,1) = q(1,0)$$

$$sc(2,3) = sc(2,4) = q(1,1)$$

$$30 \quad sc(1,0) = (q(0,0) \&& !q(1,1)) \mid\mid (q(0,1) \&& !q(1,0))$$

$$sc(1,4) = (q(1,0) \&& !q(0,1)) \mid\mid (q(1,1) \&& !q(0,0))$$

M28·01·98

```

sc(0,2) = q(0,0) || q(0,1)
sc(2,2) = q(1,0) || q(1,1)
sc(1,1) = (q(0,0) && q(1,0)) || (q(0,0) && q(1,1)) ||
           (q(1,0) && q(0,1))
5      sc(1,3) = (q(0,1) && q(1,1)) || (q(0,1) && q(1,0)) ||
           (q(1,1) && q(0,0))
sc(1,2) = (q(0,0) && q(1,1)) || (q(1,0) && q(0,1))

```

Für jedes Zielpixel existiert eine Gleichung, pro Block gibt es $sxZ * syZ$ Gleichungen, die Abhängigkeiten von $sxN * syN$ Quellpixeln enthalten. Dies sieht dann in allgemeiner Form so aus:

$$\begin{aligned}
sc_{(i,j)} = & fscal \langle i \% sxZ, j \% syZ \rangle (q_{(i \frac{sx_N}{sx_Z} - (i \% SX_N) + 0, j \frac{sy_N}{sy_Z} - (j \% SY_N) + 0)}, \dots, \\
& q_{(i \frac{sx_N}{sx_Z} - (i \% SX_N) + (SX_N - 1), j \frac{sy_N}{sy_Z} - (j \% SY_N) + 0)}, \\
& \dots \\
& q_{(i \frac{sx_N}{sx_Z} - (i \% SX_N) + 0, j \frac{sy_N}{sy_Z} - (j \% SY_N) + (SY_N - 1)}, \dots, \\
& q_{(i \frac{sx_N}{sx_Z} - (i \% SX_N) + (SX_N - 1), j \frac{sy_N}{sy_Z} - (j \% SY_N) + (SY_N - 1)}) \\
\end{aligned}$$

(Gleichung 4), wobei wiederum gilt:

15 - := Integer Division
% := Modulo Division.

Gleichung 4 beschreibt ein allgemeines Skalierverfahren, unter das die beiden oben beschriebenen Skalierverfahren fallen.

5 Es existieren $(sx_z * sy_z)$ logische Gleichungen mit jeweils bis zu $(sx_N * sy_N)$ Abhängigen. An den oberen und rechten Rändern kann es vorkommen, daß die Quellblöcke nicht vollständig mit Quellpixeln belegt sind, die Breite und Höhe des Quellbildes ist beliebig und nicht unbedingt ein Vielfaches der Quellblöcke. Nicht vorhandene Elemente müssen als nicht gesetzt angenommen werden.

10

Mathematische Modellierung der Kantenglättung im Zielraster

Bei einer Kantenglättung wird jedes Pixel in seiner Umgebung betrachtet. Dazu wird ein quadratisches Glättungsfenster (Glättungsmatrix) mit ungerader Pixel-Kantenlänge über alle zu glättenden Pixel hinweggeschoben. Abhängig von der Umgebung und dem eigenen Pixelwert (der erkannten Struktur im Glättungsfenster) wird entschieden, ob das Pixel schwarz oder weiß werden soll. In Summe über alle Pixel werden üblicherweise nur Pixelwerte verschoben, die Summe der gesetzten bzw. nicht gesetzten Pixel mit den digitalen Werten „0“ bzw. „1“ bleibt nahezu gleich.

15

20

25 Gemäß dem aus der DE 195 06 792 A1 bekannten Verfahren erfolgt das Glätten durch Hinzufügen und Entfernen von Pixeln, die zu erkennenden und zu korrigierenden Strukturen werden auch als Regeln bezeichnet. Die Größe der zu betrachtenden Umgebung (Größe des Glättungsfensters, der Glättungsmatrix) hängt von der Vorgabe ab, welche Strukturen zu Erkennen und zu Glätten sind.

30

Im folgenden wird die Umgebung eines Pixels in Form einer Ordnung der zu betrachtenden Nachbarn beschrieben. Nachbarn erster Ordnung sind die direkten Nachbarn, d.h., alle Pixel die mindestens eine Ecke mit dem zu untersuchenden Pixel teilen. Insgesamt ergibt dies das untersuchte Pixel und acht Nachbarn. Nachbarn zweiter Ordnung sind alle Pixel, die mit den Nachbarn erster Ordnung mindestens eine Ecke teilen usw.

Tabellarisch ergibt dies folgende Situation:

	zu erkennende Struktur	Ordnung	Größe des Glättungsfensters	zu betrachtende Pixel
10	45°-Linien (1-1)	1	3 x 3	9
15	(1-2)/(2-1)- Linien	2	5 x 5	25
	(1-3)/(3-1)- Linien	3	7 x 7	49
	(1-4)/(4-1)- Linien	4	9 x 9	81

(Tabelle 1).

20

Für eine Glättung mit einer 5 x 5-Erkennungsmatrix erhält man dann

$$sm_{(i,j)} = fsmooth(p_{(i-2,j-2)}, p_{(i-1,j-2)}, p_{(i,j-2)}, p_{(i+1,j-2)}, p_{(i+2,j-2)}, \\ p_{(i-2,j-1)}, p_{(i-1,j-1)}, p_{(i,j-1)}, p_{(i+1,j-1)}, p_{(i+2,j-1)}, \\ p_{(i-2,j)}, p_{(i-1,j)}, p_{(i,j)}, p_{(i+1,j)}, p_{(i+2,j)}, \\ p_{(i+2,j+1)}, p_{(i-1,j+1)}, p_{(i,j+1)}, p_{(i+1,j+1)}, p_{(i+2,j+1)}, \\ p_{(i-2,j+2)}, p_{(i-1,j+2)}, p_{(i,j+2)}, p_{(i+1,j+2)}, p_{(i+2,j+2)})$$

25

(Gleichung 5).

30

Die allgemeine Gleichung für das Glätten im Zielraster lautet:

$$sm_{(i,j)} = fsmooth(p_{(i-\frac{G}{2}, j-\frac{G}{2})}, \dots, p_{(i+\frac{G}{2}, j-\frac{G}{2})}, \\ \dots, p_{(i,j)}, \\ p_{(i-\frac{G}{2}, j+\frac{G}{2})}, \dots, p_{(i+\frac{G}{2}, j+\frac{G}{2})})$$

5

(Gleichung 6), wobei gilt:

sm(i,j) Wert des zu untersuchenden Pixels nach der Glättung
 p Wert eines Pixels aus dem Glättungsfenster
 G Größe des Glättungsfensters
 fsmooth Logische Gleichung mit $G \times G$ Abhängigen, welche die
 Glättung beschreibt und
 - Integer-Division.

15

Der oben beschriebene Glättungsvorgang wird im folgenden anhand des in Figur 6 dargestellten Beispiels veranschaulicht. Dabei wird eine 45° -Linie geglättet.

0 Zunächst muß das Vorliegen einer zu glättenden Struktur untersucht werden. Dazu wird eine Erkennungs-Matrix aus 3×3 (oder 5×5 , 7×7 , ...) Pixeln über das Bild geschoben. Wird eine zu glättende Struktur erkannt, so wird der Wert des Pixels im Zentrum dieser Matrix für den Zielbereich bestimmt.
 25 Liegt dagegen keine zu glättende Struktur vor, so bleibt der Pixelwert unverändert. Die Bedingungen für das Vorliegen einer zu glättenden Struktur werden als Regeln bezeichnet.

30 Innerhalb des in Figur 6a dargestellten Bildes wird in Zeilenrichtung zunächst von links nach rechts vorgegangen. Dabei werden weiße Eckpixel 11 (leere Ecken an weiß-schwarz-

M 29.01.93

Übergängen) an den durch die Regeln erkannten Strukturen auf „schwarz“ gesetzt, wodurch das in Figur 6b dargestellte Bild entsteht. Pixel, auf die keine der Regeln Anwendung findet, bleiben unverändert. Dann werden von rechts nach links

5 schwarze Eckpixel 12 an den durch die Regeln gegebenen Strukturen (bei weiß-schwarz-Übergängen) auf „weiß“ gesetzt, wodurch das in Figur 6c dargestellte Bild entsteht.

Dasselbe Ergebnis (Figur 6c) kann erreicht werden, wenn bei 10 dem in Figur 6a dargestellten Bildausschnitt von links nach rechts Eckpixel bei schwarz - weiß - Übergängen entfernt werden. Letzteres Verfahren ist einstufig, weil Zufügen und Entfernen in einem Arbeitsgang durchgeführt werden.

15 Zum Glätten digitaler Bilddaten werden folgende Regeln benutzt:

- Erkennen und Glätten von 45°-Linien (2-2-Linien, zwei Einheiten in x-Richtung, zwei in y-Richtung)
- Beibehalten von rechtwinkligen Ecken, nicht Glätten
- Erkennen und Glätten von 2-4-Linien
- Evtl. Erkennen und Glätten von 2-x-Linien, je nach Größe der Erkennungs - Matrix (x ist eine gerade Zahl > 2).

Berücksichtigt man alle Regeln für die vier Ausgangsrichtungen und für die Spiegelung (2-4-Linien sind dann äquivalent zu 4-2-Linien), so ergibt dies insgesamt acht Unterregeln.

Randprobleme beim Glätten

An den Rändern des zu glättenden Bildes (oben, unten, links, rechts) stehen nicht alle Pixel für die Erkennungs - Matrix zur Verfügung. Nicht vorhandene Pixel (z.B. das in Figur 7 30 gezeigte Pixel 13 links neben dem Bildausschnitt 14) werden als nicht gesetzt, d.h. als weiß, betrachtet.

1929-01-09

**Zusammenfassen von Skalieren und Glätten zu einem Verfahren,
das im Quellraster arbeitet**

5 Die beiden Verfahren zum Skalieren und zum Kantenglätteten sollen nun kombiniert werden. Dazu wird die Glättungsgleichung 6 in eine der Skalierungsgleichungen 2 oder 3 eingesetzt.

Ausgehend von einer Skalierung mit ganzzahligen Skalierfaktoren nach Gleichung 2 erhält man

$$\begin{aligned}
 sm_{(i,j)} = & fsmooth(q_{\frac{i-\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j-\frac{G}{2}}{sy}}, \dots, q_{\frac{i+\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j-\frac{G}{2}}{sy}}, \\
 & \dots, q_{\frac{i}{sx}, \frac{j}{sy}}, \\
 & q_{\frac{i-\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j+\frac{G}{2}}{sy}}, \dots, q_{\frac{i+\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j+\frac{G}{2}}{sy}})
 \end{aligned}$$

15

20

(Gleichung 7).

Betrachten wir ein spezielles Beispiel mit

$s_x = s_y = 2$ und $G = 5$:

5

$$\begin{aligned}
 sm_{(i,j)} &= fsmooth(q_{(\frac{i-2}{2}, \frac{j-2}{2})}, \dots, q_{(\frac{i+2}{2}, \frac{j-2}{2})}, \\
 &\quad \dots, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, \dots \\
 &\quad q_{(\frac{i-2}{2}, \frac{j+2}{2})}, \dots, q_{(\frac{i+2}{2}, \frac{j+2}{2})}) \\
 &= fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, \dots, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 &\quad \dots, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, \dots \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, \dots, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

15 Für gerade i und gerade j folgt dann:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_g, j_g)} &= fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

Für ungerade i und gerade j:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_u, j_g)} = & fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

Für gerade i und ungerade j:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_g, j_u)} = & fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

Für ungerade i und ungerade j:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_u, j_u)} = & fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

Betrachtet man die in den Formeln vorhandenen Abhängigen erhält man:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_g, j_g)} = & fsmooth_{gg}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
 sm_{(i_u, j_g)} = & fsmooth_{ug}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
 sm_{(i_g, j_u)} = & fsmooth_{gu}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
 sm_{(i_u, j_u)} = & fsmooth_{uu}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 & q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

5 Man kann nun erkennen, daß die Gleichungen für gerade und für ungerade (i, j) jeweils die gleichen Elemente enthalten.

Ausgehend von einem Quadrat der Kantenlänge zwei an zu berechnenden Zielpixeln, bei dem die linke untere Ecke gerade i und gerade j repräsentiert, lässt sich folgendes schließen:

5

- Aus neun Quellelementen bzw. neun Quellpixeln kann man vier Zielpixel bestimmen.
- Die vier Zielpixel werden zwar aus den gleichen Quellpixeln berechnet, die Abhängigen stehen aber an verschiedenen Stellen in den Ausgangsgleichungen, man erhält für jedes der vier Pixel eine eigene Gleichung.

Um die geforderte Qualität einer Zielmatrix der Größe 5 zu erhalten reicht im Quellbereich eine Matrix der Größe 3 aus, d.h. die Gleichungen enthalten im Quellbereich nur 9 Abhängig-
15 ge anstatt 25 im Zielbereich.

- Aus einem Quellpixel (mit Umgebung) können vier Zielpixel parallel (nach eigenen Gleichungen) berechnet werden. Dadurch steigt zwar der Berechnungsaufwand, aber auch die Geschwindigkeit, die vier Zielpixel werden dabei parallel und unabhängig voneinander berechnet. Je nach Gleichungen ist ein Zusammenfassen bestimmter logischer Teiloperationen möglich.
20
- Zur Glättung wird nicht mehr das Zwischen-Bild herangezogen, das $s_x * s_y$ (in unserem Fall $2*2=4$) mal größer ist als das Quellbild. Beim glättenden Skalieren muß daher nur ein
25 viertel der Datenmenge die Glättungsoperation durchlaufen.
- Die Skalierung ist im Prozeß enthalten, die Daten müssen nur einmal bearbeitet werden, nicht zweimal wie bei den oben beschriebenen, bekannten Verfahren.
- In Summe ermöglicht das glättende Skalieren im Quellraster eine schnellere Durchführung der Operationen bei gleicher
30 Qualität als im zweistufigen Prozeß.

- Je größer der Skalierfaktor ist, umso größer ist der relative Gewinn durch das einstufige Verfahren zum Glätten und Skalieren.

5 - Das beschriebene Verfahren ermöglicht die Kombination aller Skalier- und Glättungsregeln, die sich nach den Gleichungen 2, 3, 4 und 6 beschreiben lassen.

Dieses Beispiel lässt sich wie folgt verallgemeinern:

10 - Ausgegangen wird von dem kleinsten Rechteck im Quellbereich, das sich direkt in den Zielbereich abbilden lässt (bei ganzzahligen Skalierfaktoren nur ein Pixel).

- Man zeichnet das Rechteck mit den Zielpixeln (Zielrechteck). Um jedes Eck-Zielpixel legt man die Glättungsmatrix mit Kantenlänge G im Zielbereich.

15 - Aus der Ausdehnung lässt sich die Größe des zu betrachtenden Quell-Rechtecks bestimmen.

- Alle Zielpixel im Zielrechteck lassen sich aus den Quell-Pixeln im Quell-Rechteck berechnen. Nur die Quellmatrix muß zur Berechnung durchlaufen werden. Die Pixel im Zielrechteck lassen sich parallel unabhängig voneinander bestimmen.

20 Anhand der Figuren 8 und 9 sollen die Verbesserungen anschaulich werden, die sich durch das Glätten der Bilddaten im Raster des Quellbildes ergeben.

25 Es wird von einem Quellbild ausgegangen, das um den Faktor 2 skaliert und dann geglättet werden soll. In dem Quellbild wird ein Bereich 15 von 3×3 Pixeln betrachtet. Nach dem Skalieren mit einem Faktor 2 wird daraus ein Bereich 16 des Zwischenbilds mit der Größe 6×6 Pixel erhalten.

M 00.01.90

Innerhalb des Bereichs 16 soll nun eine Glättung mit einer Filterfenster 17 der Größe 5×5 durchgeführt werden. Dieses 5×5 - Fenster lässt sich viermal in dem Bereich 16 unterbringen. Einmal wie in Figur 9a gezeigt und weiter wie in den 5 Figuren 9b, 9c und 9d gezeigt. Jede der in den Figuren 9a bis 9d dargestellten Operationen lässt sich rechnerisch durch eine Erkennungsmatrix darstellen, wobei pro Matrix je ein Pixelwert bestimmt wird. Aus der in Figur 9a dargestellten Position des Filterfensters 17 wird beispielsweise der Wert des Pixels 10 18 berechnet.

Aus den Erkennungsmatrizen, die den Figuren 9a bis 9d zugrunde liegen, erhält man vier geglättete Ziel-Pixel 18, 19, 20 und 21. Diese Gruppe von Zielpixeln ist in Figur 9e gemeinsam 15 mit 22 bezeichnet.

Die 3×3 -Quell-Matrix 15 beschreibt 512 mögliche Pixelkombinationen. Für jede dieser Kombinationen lässt sich mit einem allgemeinen Skalierverfahren (Skalierfaktor 2) eine Zwischenmatrix bestimmen, aus der sich dann mit einer 5×5 - Glättung 20 4 Zielpixel ergeben. Das Skalieren und das Glätten kann in einem Schritt ausgeführt werden, da ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Quellmatrix (Zentral - Pixel mit 8 Umgebungspixeln) und den Zielpixeln (Ziel - Matrix) besteht. Jedes 25 Quellpixel wird dabei unter Berücksichtigung seiner Umgebung direkt in vier Zielpixel umgesetzt.

Bei einer größeren Quellmatrix (z.B. 5×5 Pixel), ist bei 30 Skalierfaktor 2 eine Glättung mit einer größeren Erkennungsmatrix (z.B. mit einer 9×9 -Matrix) möglich, um wieder 4 Ziel-Pixel zu erhalten. Folgende Gleichung beschreibt dieses Verhalten für ganzzahlige, in den x- und y-Richtungen gleiche Skalierfaktoren s:

M 23.01.86

$$e = s * (q_M - 1) + 1 \quad (\text{Gleichung 8}),$$

wobei

qm: Größe der Quell - Matrix,

5 e: Größe der Erkennungsmatrix im Zielraster und

s: Skalierfaktor bezeichnen.

Beispiel für nicht ganzzahlige Skalierfaktoren

Ein Beispiel für einen Skalier- und Glättvorgang, bei dem Gleichung 6 mit $s_x = s_y = 2.5$ und $G = 5$ gilt, wird anhand der Figuren 10 bis 13 beschrieben. Ein Quellpixel-Quadrat 23 der Kantenlänge 2 entsprechend der durch die Rasterlinien 23' und 23'' vorgegebenen Rasterweite $RW_1 = 1/240$ inch (Quellraster, 240 dpi) wird dabei auf ein Zielpixel-Quadrat 24 der Kantenlänge 5 entsprechend der durch die Rasterlinien 24' und 24'' vorgegebenen Rasterweite $RW_2 = 1/600$ inch (Zielraster, 600 dpi) in der Skalierung abgebildet.

Um jedes der 5×5 Ziel-Pixel, das innerhalb des 2×2 Quellpixel-Quadrats 23 liegt, wird eine Glättungsmatrix gelegt (Figur 11). Unter Berücksichtigung der Nachbarn erster Ordnung ergeben sich die Werte für die 5×5 Zielpixel nach obiger Beschreibung aus einer Gruppe 25 von 4×4 Quellpixeln, bei $G=5$.

Besonderes Ausführungsbeispiel für nicht ganzzahlige Skalierfaktoren

Im oben beschriebenen Verfahren werden $5 \times 5 = 25$ Zielpixel aus $4 \times 4 = 16$ Quellpixeln erzeugt. Realisiert man dieses

M 2001-33

Verfahren in Software mit einer Look-Up-Tabelle, so umfaßt diese Tabelle 65536 Einträge zu je 25 Bit. Aufgrund der byte-weisen Arbeitsweise von Mikroprozessoren sind dann $65536 \times 4 \text{ Byte} = 262144 \text{ Bytes}$ durch die Tabelle belegt. Eine derart große Tabelle läßt sich meist nicht mehr im Cache-Speicher üblicher Mikroprozessoren unterbringen. Die Abarbeitung der Daten kann deshalb nur relativ langsam erfolgen. Um die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen, werden in einer verbesserten Verfahrensweise jeweils kleinere Gruppen von Quellpixeln gemeinsam verarbeitet, bei der je 3×3 Zielpixel nur von je 3×3 Quellpixeln abhängig sind. Der oben beschriebene Arbeitsgang wird dabei in vier Teilschritte unterteilt. Für jeden Schritt wird eine Tabelle verwendet, mit der aus 9 Quellpixeln 9 Zielpixel erzeugt werden. Dazu werden 15 4×512 Einträge á 9 Bit bzw. eine Tabellengröße von 4096 Byte benötigt. Gegenüber den o.g. 262144 Bytes ist dies eine Speicherreduktion um den Faktor 64. Die derart erzeugten, 3×3 Zielpixel werden dann in Form einer „ODER“-Operation übereinandergelegt.

20 Die Figuren 12 und 13 veranschaulichen diesen Vorgang: Die vier, in Figur 12 gezeigten 3×3 -Zielpixel-Quadrat 26, 27, 28 und 29 werden so übereinandergelegt, daß jeweils die Linien 31, 31', 31'' und 31''' miteinander fluchten sowie die Linien 32, 32', 32'' und 32'''. Durch überlappendes Zusammenlegen der vier, in Figur 12 bzw. in Figur 14 gezeigten 3×3 -Zielpixel-Quadrat 26, 27, 28 und 29 ergibt sich das 5×5 -Feld 30 der Figur 13.

25 30 Diese Variante kann für bestimmte Implementierungen von Vor teil sein. Natürlich läßt sich das gleiche Prinzip auch auf andere Werte von sx, sy und G anwenden.

M29.01.99

Byteweises Verarbeiten der Quellpixel zur Umwandlung des zweidimensionalen Problems in ein eindimensionales

Das vorgestellte Verfahren wandelt Rechtecke von Quellpixeln
5 in Rechtecke von Zielpixeln um. Bei einer in Hardware, Software oder Firmware realisierten digitalen Datenverarbeitung lässt sich im allgemeinen ein Byte-orientiertes Vorgehen besser auf die Arbeitsweise der elektronischen Komponenten abbilden als ein Bit-orientiertes Vorgehen. Quellpixel liegen
10 im allgemeinen als Quellimage in einem Speicherbereich vor, der Byte-orientiert in Zeilen organisiert ist. Eine gespeicherte Zeile entspricht dabei einer Bildzeile (Scanline).

Anhand der Figuren 15 bis 18 wird eine Byte-orientierte Verfahrensweise veranschaulicht, mit der die Quellpixel eindimensional mit Hilfe eines Schieberegisters verarbeitet werden. Dazu werden die Quellpixel gemäß bestimmten Konventionen in das Schieberegister eingetragen, wie in Figur 16 gezeigt.
15 Dies kann direkt in Hardware passieren, indem die einzelnen Zeilen an die entsprechenden Stellen im Register übernommen werden. Bei einer Realisierung in Software wird aus Performancegründen eine Look-Up-Tabelle verwendet. Diese Tabelle ist gemäß Figur 17 aufgebaut. Beim Eintragen in das Register wird die obere Scanline nach Umsetzung direkt in das Register
20 kopiert, die nächste Scanline wird nach Umsetzung um eine Pixelposition nach links verschoben (shift) und dann in das Register eingetragen, die 3. Scanline wird nach Umsetzung um 2 Positionen nach links versetzt in das Register eingetragen
25 (Figur 18).

30

Im Detail läuft diese Vorgehensweise wie folgt ab: In Figur 15a ist ein Ausschnitt 33, der drei durch die Linien 34 und 34' begrenzte, übereinanderliegende und jeweils acht Pixel

ME 3 · 01 · 88

breite Streifen 35, 35' und 35'' des Quellbildes dargestellt. Links daneben ist jeweils das letzte Pixel der vorigen acht, rechts daneben ist jeweils das erste Pixel der nächsten acht Pixel noch dargestellt. Über diese Struktur wird von links 5 nach rechts ein 3 x 3 Erkennungs-Fenster 36 geschoben. Die Sequenz der Figuren 15a, 15b, 15c und 15d veranschaulicht dies für die ersten vier Schiebevorgänge.

Die Schiebewirkung wird durch bestimmtes Eintragen in das Register 37 und durch Verschieben (shift) um 3 Positionen nach rechts erreicht, wie in Figur 16 mit den Verarbeitungsschritt 10 45 veranschaulicht. Die acht in einer Bildzeile nebeneinander liegenden Werte(1 byte) werden dabei von rechts nach links jeweils so in das Register 37 eingetragen, daß benachbarte 15 Zeilenwerte im Register um jeweils drei Plätze voneinander beabstandet sind.

Wenn in der Darstellung „Pxy“ x und y jeweils den Index in x- bzw. y-Richtung angeben und „Rn“ die n-te Position im Register 37, dann werden zum Beispiel die Werte der Pixel P11, 20 P15 und P18 (Bildzeile 36) im Register 37 an den Positionen R1, R13 und R22 abgespeichert. Die jeweils ersten Werte P21 und P31 der nachfolgenden Bildzeilen 34 und 35 liegen dagegen im Register direkt neben dem Wert von P11 an den Positionen 25 R2 und R3. Hierdurch wird erreicht, daß die zweidimensionalen Pixelwerte des Bildes byte- und zeilenweise in das eindimensionale Register eingetragen werden können und daß die Werte im Register spaltenweise zum Auslesen bereit stehen. Es erfolgt also eine Abbildung der zweidimensionalen Werte des 30 Bildes in das eindimensionale Register 37.

Die 3 x 3 = 9 Pixel des Fensters 36' ergeben den Index für die kombinierte Skalier-Glättungs-Tabelle. Dieser Index läßt

sich aus dem Register 37 direkt entnehmen als der aus dem Bereich 38 (die 9 rechten, benachbarten Bits des Registers 37) gebildete Wert. Die Bits dieses Werts entsprechen dem Erkennungsfenster und ergeben die geglätteten Zielpixel.

5 Die entsprechenden Indices für die restlichen sieben Bits einer Bildzeile (35, 35' oder 35'') erhält man anschließend durch jeweiliges Shiften der Registerwerte um 3 Bit nach rechts. Dieser Shift-Vorgang entspricht dann dem Schieben des Erkennungsfensters 36 in der Sequenz der Figuren 15a bis 15d.

10 15 Die Indexdaten können einmal für jeden Block aus 3 Byte Quelldaten in einem Register aufgebaut werden. Das Bestimmen der Indices für die Skalierungs-Glättungsmatrizen einer Bildzeile lässt sich dann noch weiter optimieren. Der Aufbau des Indexregisters aus dem jeweiligen Byte lässt sich dann nämlich in nur einem Schritt über eine Tabelle realisieren, die die in Figur 17 schematisch gezeigten Eigenschaften hat.

20 25 Die Linien 39 verbinden jeweils die linke Kante einer Quelle 40 mit der dazu gehörenden Registerposition 41. Für die beiden unteren Bytes der Quelle wird die Umsetztabelle dann einfach um 1 Bit (das mittlere) oder um 2 Bits (das untere Byte) nach links geschoben und auf das Indexregister geodert. Diese Umsetztabelle wird im folgenden als Indextabelle bezeichnet.

30 Die Figur 18 veranschaulicht nochmals den gesamten, auf einer byte-weise Verarbeitung beruhenden, in Software programmier- ten Vorgang zum Glätten und Skalieren der Quellbilddaten. Aus je 3 Bytes Eingangsbilddaten 42 im Ausschnitt 33 des Quellbildes wird über die als Look-Up-Tabelle ausgeführte Indextabelle 43 das 27-Bit Register 37 gefüllt (wobei natürlich auch

ein 32 Bit-Register verwendet werden kann). Beim Abspeichern des zweiten bzw. dritten Bytes in das Register 37 wird im Verarbeitungsschritt 44 jeweils um eine Position geshiftet ($<<1$, $<<2$). Registerplätze, die bereits mit dem vorhergehenden Byte beschrieben worden sind, werden mit den nachfolgenden Daten mit einer „ODER“-Operation überschrieben. Die unteren 9 Bits 45 des Registers 37 ergeben einen Index für die Skalier-Glättungs-Tabelle 46, aus der die skalierten und ge-glätteten Zielpixel 47 direkt entnommen werden können. Diese werden dann im Zielbereich abgelegt. Danach wird der nächste 3-Byte-Block im Quellbereich bearbeitet. Diese Prozedur wird über das gesamte Quellbild hinweg wiederholt. An den Rändern werden für die nicht vorhanden Randpixel nicht gesetzte Pixel angenommen.

15

Verallgemeinerung des byteweisen Bereitstellen der Quellpixel

Im vorstehenden Beispiel wurde ein quadratisches Glättungs-Fenster mit $Q_x = Q_y = 3$ zugrunde gelegt. Allgemein ausgedrückt, ist jedoch beim dem Vorgang des Glättens und Skalierens aus einem Rechteck von Quellpixeln ein Quadrat von Zielpixeln zu bestimmen.

Ausgehend von einem in Figur 19 gezeigten Quellpixel-Rechteck 48 der Breite Q_x in x-Richtung und der Breite Q_y in y-Richtung wird ein Schieberegister der Größe

$$Q_y * (8 + (Q_x - 1)) = Q_y * (7 + Q_x)$$

benötigt. Das Schieberegister wird in jedem Schritt mit je einem Byte jeder Scanline (Zeile) im Quellpixel-Rechteck nach folgender Gleichung gefüllt:

$$R_{(i+A)} = q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y)) \text{ (Gleichung 9),}$$

wobei gilt:

R_i : Wert des i-ten Registerbits

5 $q(k,l)$: Wert des Quellpixels mit der Position (k,l)

/: Integer-Division

%: Modulo-Division und

$A = Q_y * (Q_x - 1)$.

10 Wenn das Schieberegister nach Gleichnung 9 vorbelegt wird, dann enthalten die unteren $Q_x * Q_y$ Bits 49 das gewünschte Quellfenster in eindimensionaler Darstellung (im folgenden Indexbits genannt).

15 Durch Schieben nach rechts um Q_y Bits erhält man die Indexbits 49 für das nächste Quellfenster. Dieser Vorgang wird acht mal durchgeführt (es wurde je ein Byte pro Quell-Zeile eingelesen), danach erfolgt die Füllung des Registers mit den nächsten Quellbytes.

20

Figur 20 zeigt eine entsprechende Realisierung in Hardware. Die jeweils erhaltenen Indexbits 49 bilden die Eingangssignale für eine Logik-Schaltung 50 zur Berechnung der Zielpixel.

25 Figur 21 zeigt schematisch eine Umsetzung in Form von Software. Die Indexbits 49 dienen hier als Index zum Adressieren einer Look-Up-Tabelle 51, welche die für diese Kombination bereits im voraus berechneten Zielpixel erhält.

30 Die Erfindung wurde insbesondere zur Verwendung in einem Drucker beschrieben, der die Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster umsetzt. Dabei ist klar, daß die

M 200-01-30

Bilddaten auch innerhalb eines Computers so aufbereitet werden können, daß sie in einer an den Drucker angepaßten Auflösung zur Verfügung stehen. Insbesondere in einem Netzwerk, bei dem Druckaufträge von verschiedenen Computern an einen zentralen Drucker gesendet werden, wird dies regelmäßig der Fall sein. Dabei kann die Umsetzung sowohl im sendenden Computer als auch in einem zwischengeschalteten Computer erfolgen, der die Druckaufträge verwaltet.

Bezugszeichenliste

1 Quellbild
5 2 Skalierungsvorgang
3 Zwischenbild
4 Glättvorgang
5 Zielbild
6 Koordinatensystem für Quell- bzw. Zielraster
10 7 Pixel im Quellbereich
7' Quellblock
8 Pixel im Zielbereich
8' Zielblock
9 Quellquadrate
15 10 Zielquadrate
11 weißes Eckpixel (Fig. 6)
12 schwarzes Eckpixel
13 Randpixel
14 Bildausschnitt
20 15 Quellbildbereich
16 Zwischenbildbereich
17 Filterfenster
18 erster Zielpixel
19 zweiter Zielpixel
20 dritter Zielpixel
21 vierter Zielpixel
22 Zielpixelgruppe
23 Quellpixel-Quadrat
23', 23'' Rasterlinie
30 24 Zielpixel-Quadrat
24', 24'' Rasterlinie
25 Gruppe von Quellpixeln
26 Erstes 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
27 Zweites 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
35 28 Dritttes 3 x 3-Quellpixel-Quadrat

HTZ 01-88

- 29 Viertes 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
- 30 5 x 5-Zielpixel-Quadrat
- 31, 31', 31'', 31''' Erste Fluchtende Linien
- 32, 32', 32'', 32''' Zweite Fluchtende Linien
- 5 33 Bildausschnitt
- 34, 34' Grenze des Bildausschnitts
- 35, 35', 35'' Bildstreifen
- 36, 36' Erkennungs-Fenster
- 37 Schieberegister
- 10 38 Schieberegister-Bereich
- 39 Zuordnungslien
- 40 Bildquelle
- 41 Registerposition
- 42 Quellbilddaten
- 15 43 Indextabelle
- 44 Verarbeitungsschritt zum Shiften
- 45 ausgelesene 9 Bits
- 46 Skalier-Glättungs-Tabelle
- 47 Zielbilddaten
- 20 48 Quellpixel-Rechteck
- 49 Indexbits
- 50 Logikschaltung
- 51 Look-Up-Tabelle

97 1001

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Umsetzung digitaler Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung, wobei die Daten skaliert und geglättet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Glättung im Raster (23', 23'') der Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) erfolgt.

10

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Skalieren und das Glätten in einem gemeinsamen Arbeitsschritt erfolgt.

15

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Skalieren und Glätten erfolgt, indem aus den Quelldaten (1, 7, 7', 23, 42) ein Index (49) erzeugt wird, mit dem die Zieldaten (8, 10, 24, 30, 47) ermittelt werden.

20

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Index (49) zur Adressierung einer Look-Up-Tabelle (51) verwendet wird, die eine Vielzahl von Zielbild-Matrizen enthält, wobei jeweils eine Zielbild-Matrix einem vorgegebenen Index zugeordnet ist.

25

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Index (49) in Form eines Indexsignals zur Ansteuerung einer elektronischen Schaltung (51) verwendet wird, die aus den Indexsignalen die Zieldaten (8, 10, 24, 30, 47) bildet.

30

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Quelldaten (33) Byte-weise in ein Schieberegister (37) gespeichert werden, wobei jeweils ei-

35

ne zusammengehörige Gruppe von Daten (36, 36') im Schieberegister (37) mit jedem Verarbeitungstakt um den Wert eins geshiftet werden, wodurch nach dem Shiften aller Daten der Gruppe der Index (49) aus nebeneinanderliegenden Bits des Schieberegisters (37) gebildet wird.

5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Schieberegister mit jedem Verarbeitungstakt nach folgenden Regeln befüllt wird:

10

$$R_0 \text{ bis } R_{(A-1)} \text{ bleiben unberührt und} \\ R_{(i+A)} = q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y)),$$

15 wobei gilt:

R_i : Wert des i-ten Registerbits
 Q_x : Fensterbreite in x-Richtung
 Q_y : Fensterbreite in y-Richtung
 $q(k,l)$: Wert des Quellpixels mit der Position (k,l)

/: Integer-Division

20 %: Modulo-Division und

$$A = Q_y * (Q_x - 1).$$

25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) zu Bildern gehörende Pixeldaten verarbeitet werden.

30 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils Ausschnitte des Bildes mit $l \times m$ Quellpixelen als Gruppe gemeinsam verarbeitet werden, daß aus jeder Gruppe von Quellpixelen je $n \times p$ Zielpixel gebildet werden und daß die Zielpixel benachbarter Gruppen in einem Speicher nebeneinander abgelegt oder überlappt werden.

M 29.01.99

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Gruppen von Zielpixeln mit einer „ODER“-Operation überlappt werden.

5 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß für Skalierfaktoren $SF_x = SF_y = 2,5$ die Quellpixel-Gruppen je 3×3 Pixel umfassen, daß aus jeder Gruppe von Quellpixeln genau eine Zielpixel-Gruppe mit 3×3 Zielpixeln gebildet wird und daß aus je vier Zielpixel-Gruppen durch eine „ODER“-Operation genau 5×5 Zielpixel gebildet werden.

10

M29-01-99

5

Zusammenfassung

Beschrieben wird ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Quell-
10 daten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten
im Raster einer zweiten Auflösung. Die Daten werden skaliert
und geglättet, wobei die Glättung im Raster der Quelldaten
erfolgt.

15

Signifikante Figur: Figur 18

M2901-09

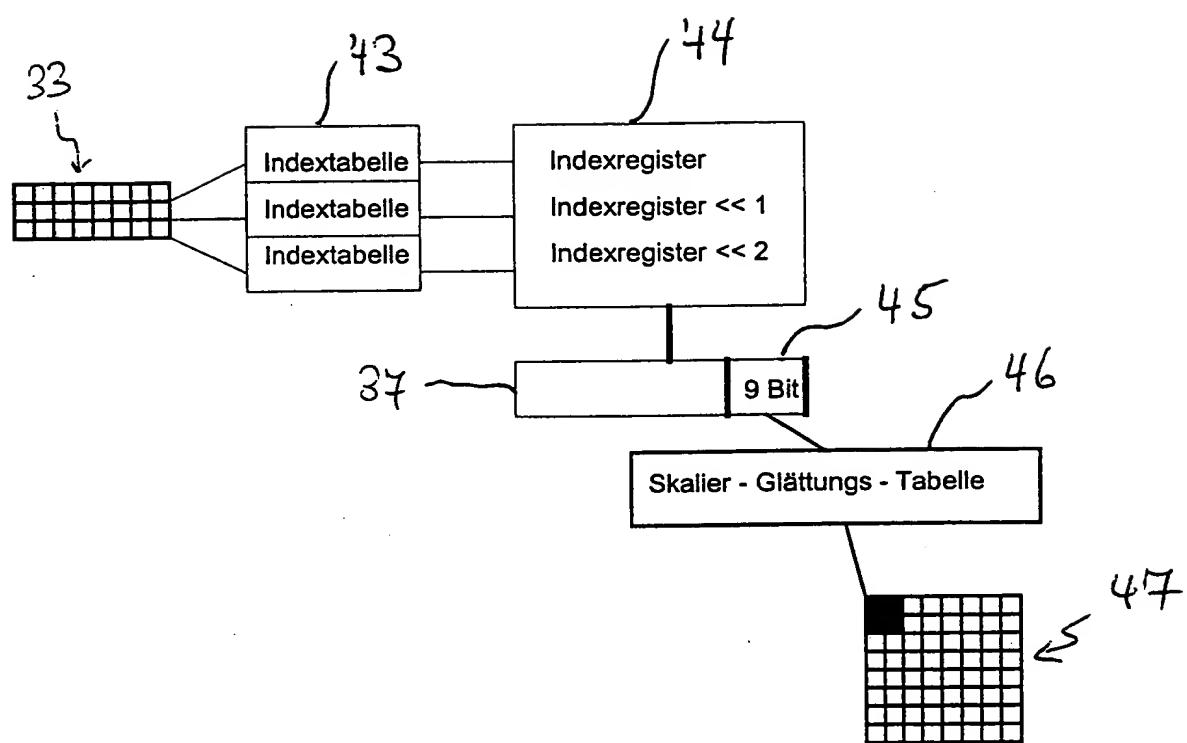


Fig. 18

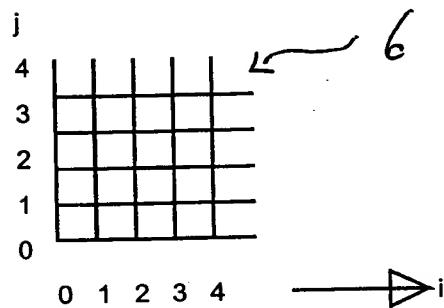
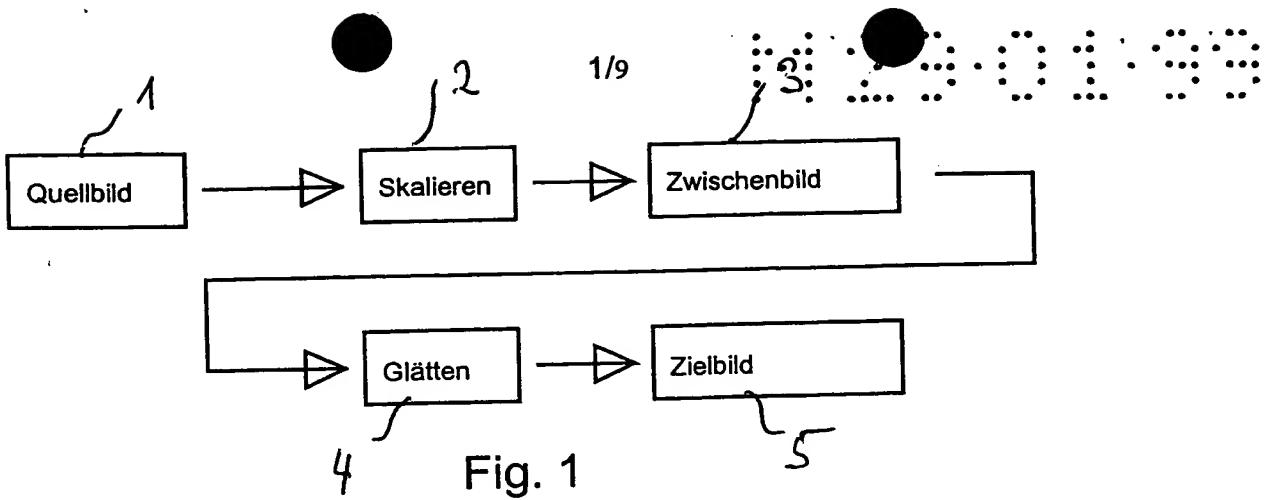


Fig. 2a

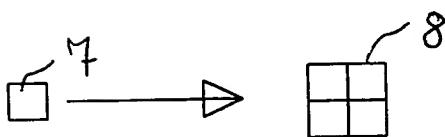


Fig. 2b

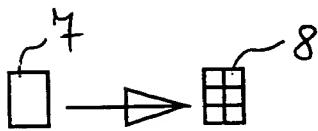
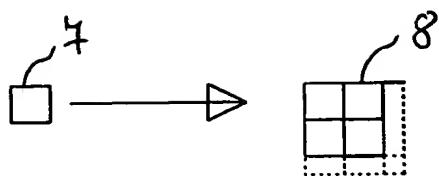


Fig. 2c

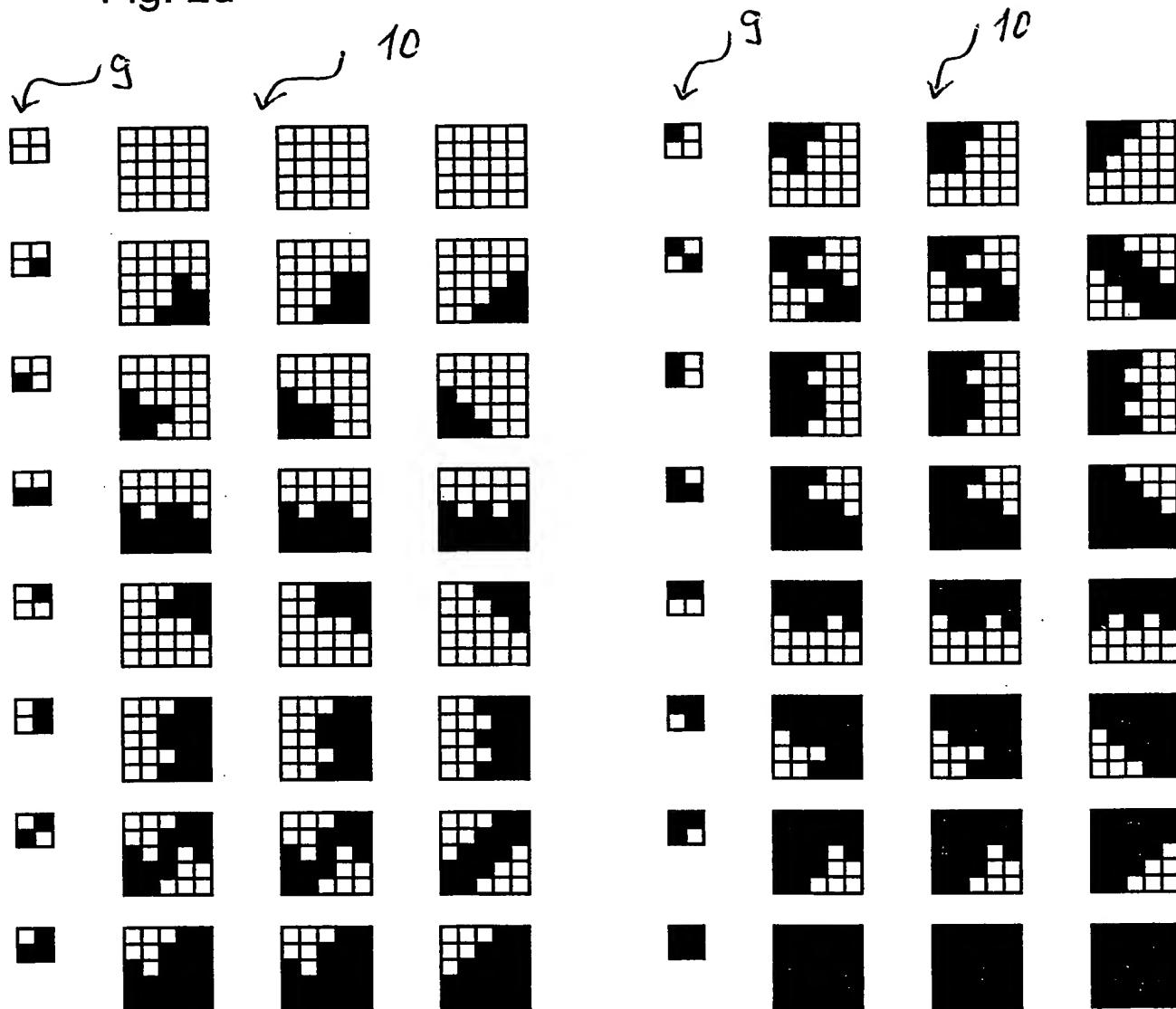
Stand der Technik

M 29-01-99



Stand der Technik

Fig. 2d



Stand der Technik

Fig. 3

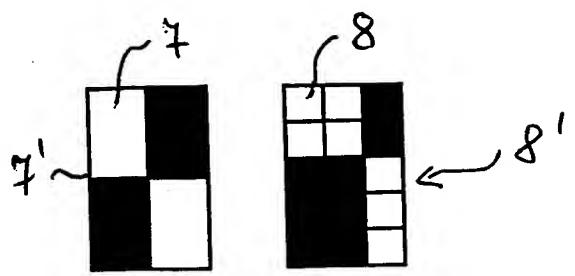


Fig. 4

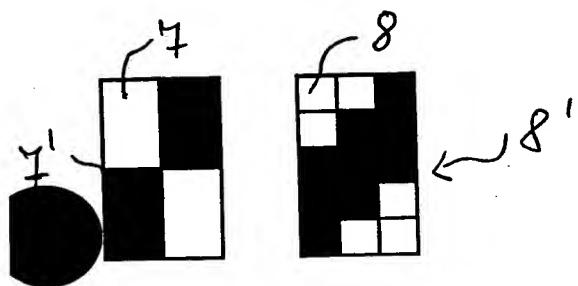


Fig. 5

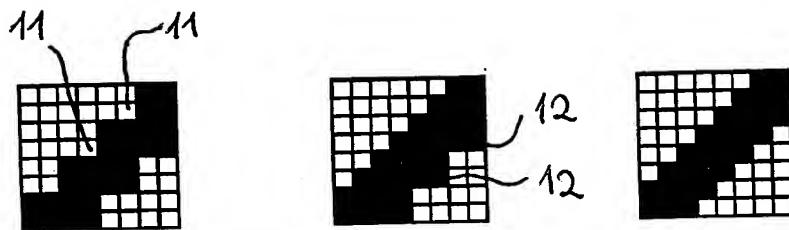


Fig. 6a

Fig. 6b

Fig. 6c

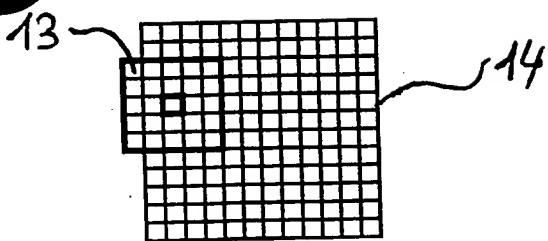


Fig. 7

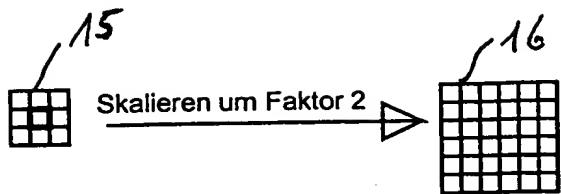


Fig. 8

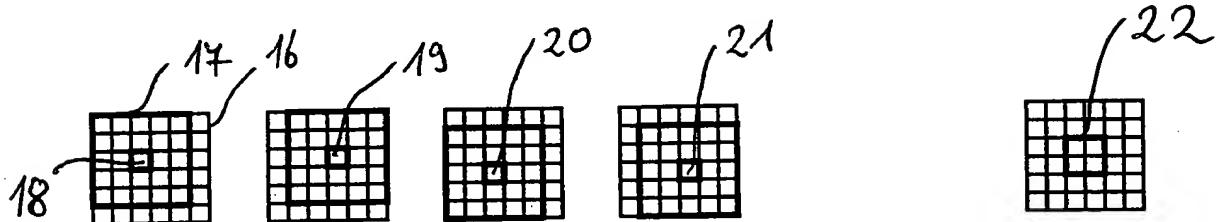


Fig. 9a

Fig. 9b

Fig. 9c

Fig. 9d

Fig. 9e

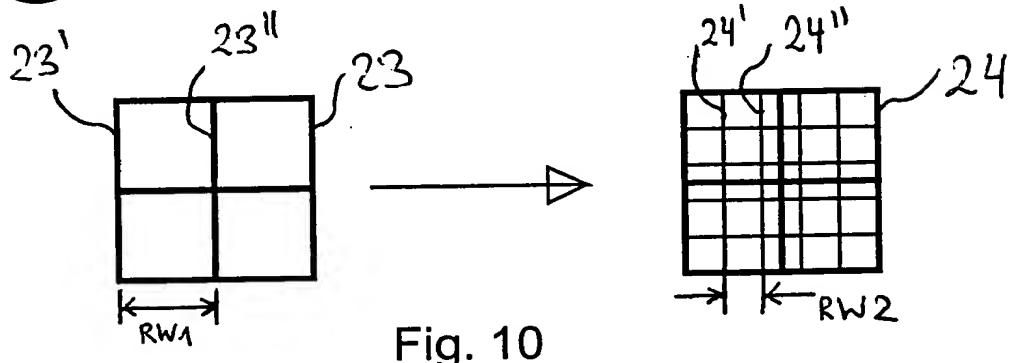


Fig. 10

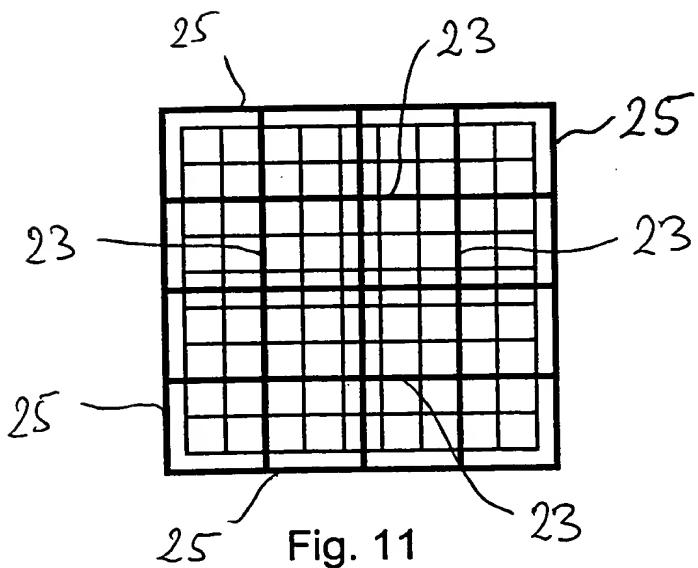


Fig. 11

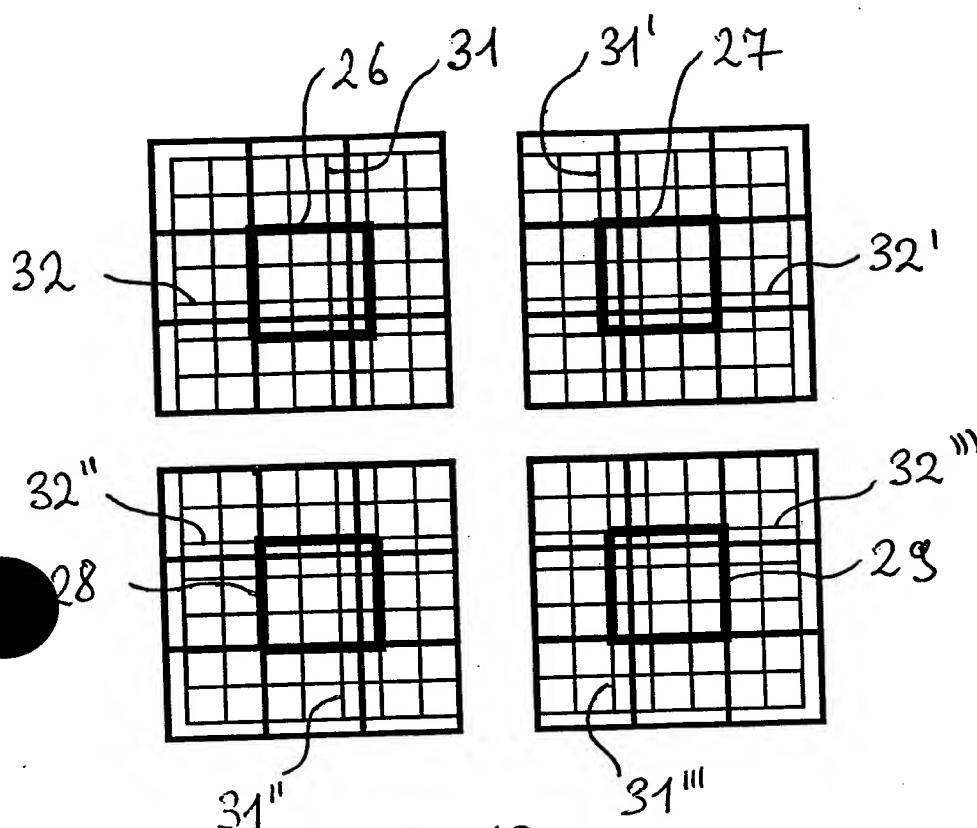


Fig. 12

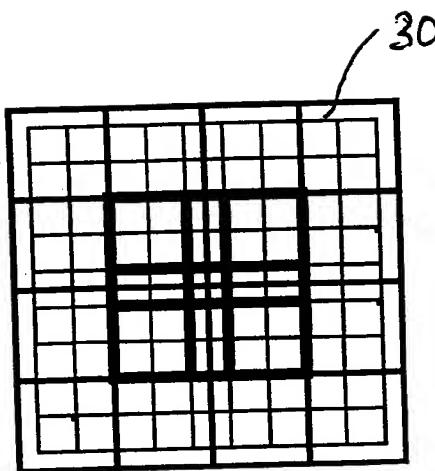
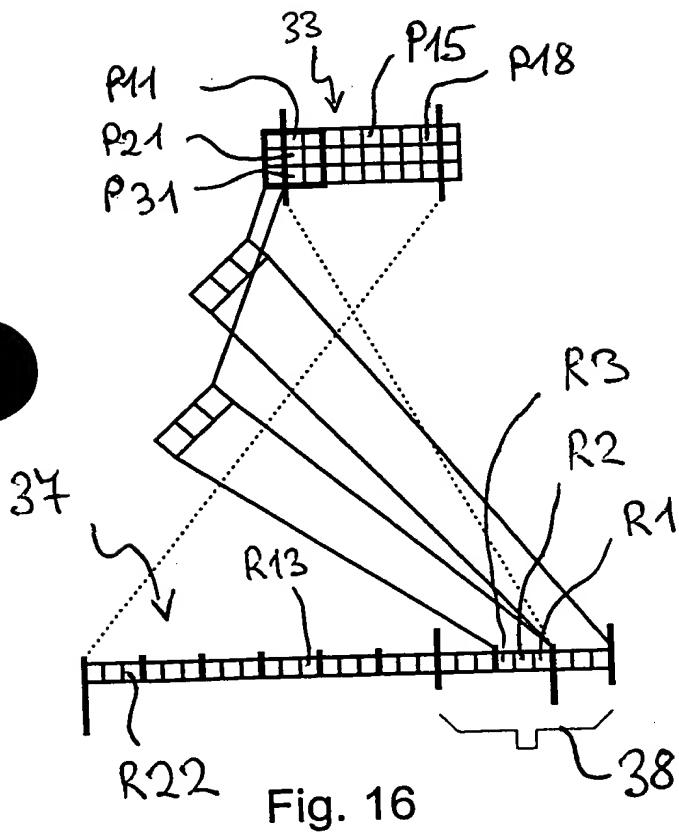
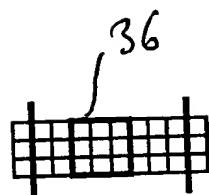
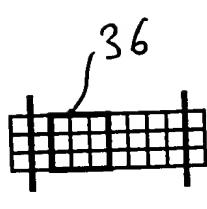
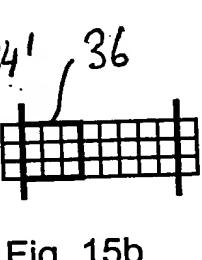
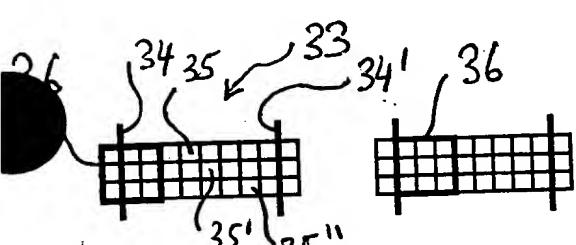
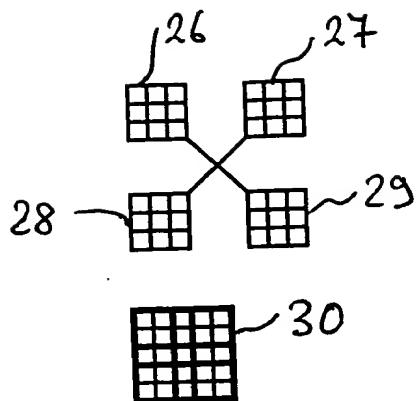


Fig. 13



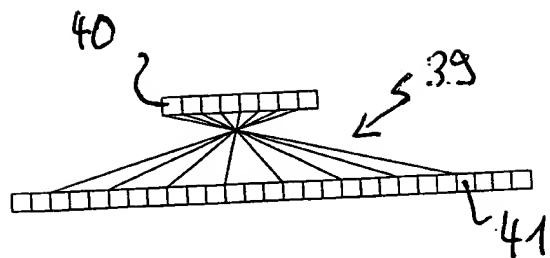


Fig. 17

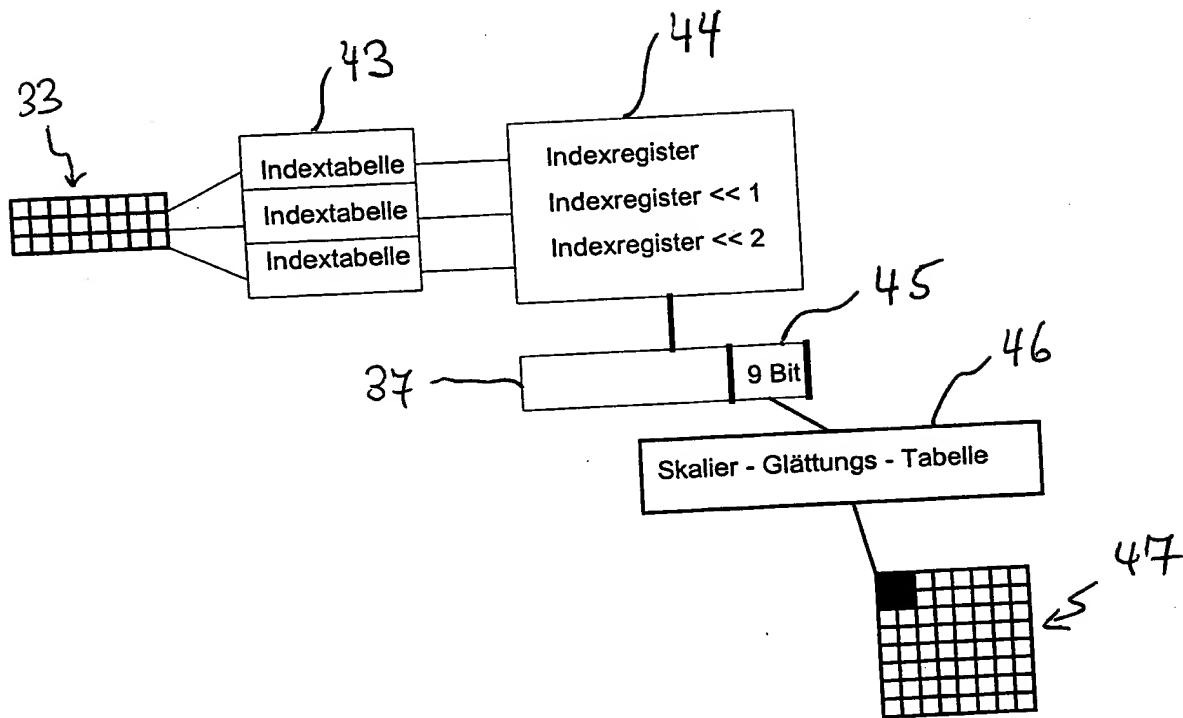


Fig. 18

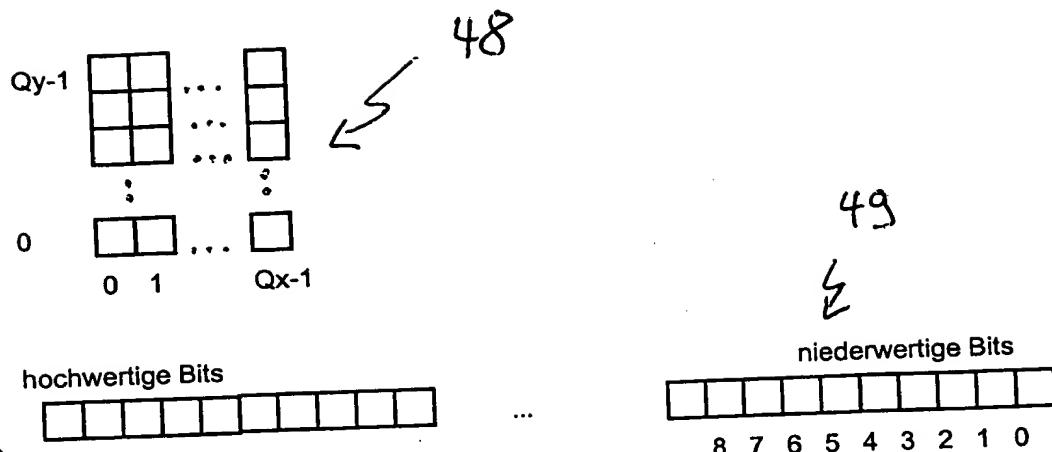


Fig. 19

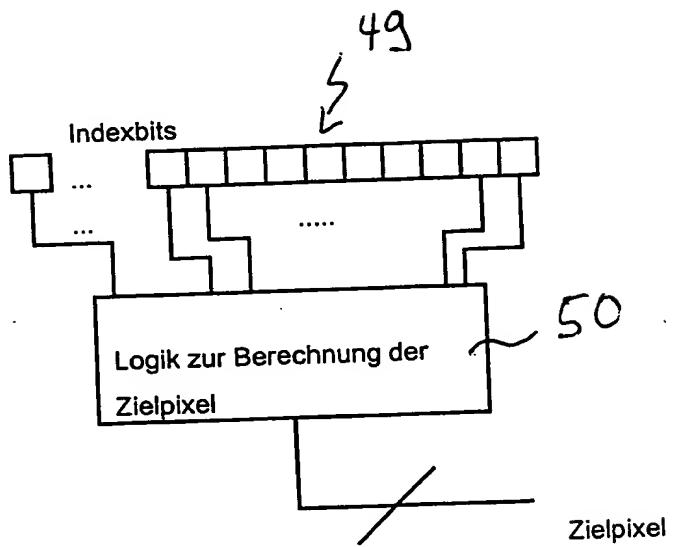


Fig. 20

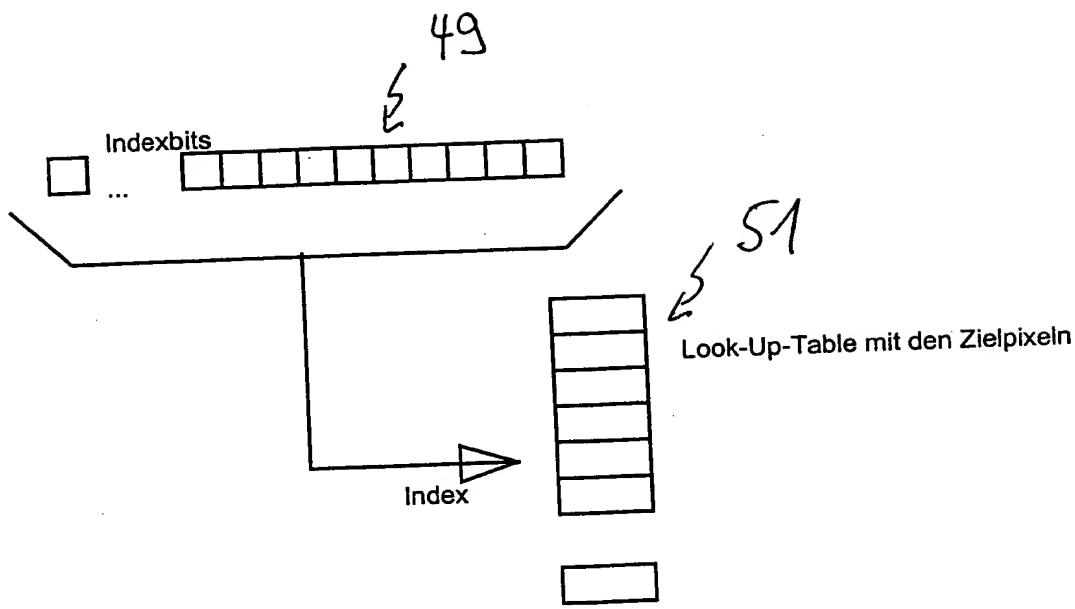


Fig. 21

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)